



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Joona Leiniäinen

Kotiautomaatio asuinkerrostalossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Rakennusmestari, LVI (AMK)
Rakennusalan työnjohto
Opinnäytetyö
27.5.2020

Tekijä Otsikko	Joona Leiniäinen Kotiautomaatio asuinkerrostalossa
Sivumäärä Aika	20 sivua 27.5.2020
Tutkinto	rakennusmestari, LVI (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	LVI-tekniikka
Ohjaajat	lehtori Markku Leino DI Harri Sipilä
<p>Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia ja perehtyä mallikohteen As Oy Helsingin Takilan automaatiojärjestelmän mallia ja sen toimintoja. Tavoitteena oli selvittää, että miten asukas voi hyötyä järjestelmästä ja mitä he voivat ohjata järjestelmän avulla.</p> <p>Työssä keskityttiin kohteen automaatiojärjestelmään, joka toteutettiin KNX-protokollaa noudattaen. Free@home -järjestelmän pääte- ja ohjauslaitteet valittiin kohteeseen ja Smart Living toimi tiedonsiirto väylänä kiinteistö- ja huoneistoautomaatiikan välillä. Järjestelmistä selvitettiin, että miten ne toimivat mallikohteessa. Työssä käytettiin lähteinä olevassa olemaa kirjallisuutta, sekä kohteen automaatio suunnitelmia, että asukkailta kysytyjä palautteita.</p> <p>Asukkailta palautetta kysyttäessä he olivat juuri muuttaneet kohteeseen. Kyselyn tulosten perusteella heidän kokemuksensa olivat hyvin vaihtelevia. Tulosten mukaan tilaajalla oli parannettavaa järjestelmän käytönopastuksessa ja asukkaiden perehdytyksessä. Työn perusteella tilaaja pystyy tarkentamaan toimintaansa luovutusvaiheessa, jotta asukkaalle saadaan tarkempi ja kattavampi käytönopastus huoneistojensa teknisiin järjestelmiin.</p>	
Avainsanat	kotiautomaatio, KNX-järjestelmät, talotekniikka

Author Title	Joona Leiniäinen Home automation in a residential building
Number of Pages Date	20 pages 27 May 2020
Degree	Bachelor of Construction Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	HVAC Engineering
Instructors	Markku Leino, Senior Lecturer Harri Sipilä, Master of Science in Engineering
<p>The purpose of the final year project was to study the automation system and its functions in a block of flats. The aim was to establish how residents could benefit from the system and what they could control with it.</p> <p>The project focused on the automation system of the building, implemented with the KNX protocol. The terminal and controls were from the Free@home system, and the Smart Living concept acted as a communication channel between the building and home automation. The systems were studied to see how they function in the flat. Relevant literature was used as source in the thesis, together with the site's automation plans, and the feedback from residents.</p> <p>When the residents were asked for feedback, they had just moved into the building. The survey showed that the experience of the residents varied significantly. The resident feedback showed the constructor that there was room for improvement in their guidance into the use of the system to the residents. Base on the final year project, the company can improve their operations in the handover phase in order to provide the residents with more accurate and comprehensive user guidance on the technical systems of their premises.</p>	
Keywords	Home automation, KNX, HVAC

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	KNX	1
2.1	KNX-järjestelmän toimintaperiaate	2
2.2	Käyttösovellukset	2
2.3	KNX-projektin kulku	4
2.3.1	Valmisteluvaihe	4
2.3.2	Suunnitteluvaihe	5
2.3.3	Asennus ja ohjelmointi	6
2.3.4	Testaus, opastus ja luovutus	6
2.3.5	Ylläpito	6
2.4	KNX-kotiautomaatio	7
2.4.1	Kotiautomaatiojärjestelmän tavoitteet	7
2.4.2	KNX-järjestelmän rakenne	8
3	ABB-free@home	9
3.1	Ohjausmahdollisuudet	10
3.1.1	Valaistuksenohjaus	10
3.1.2	Lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaus	10
3.2	Asennus	11
4	Automaatiojärjestelmät As Oy Helsingin Takila	11
4.1	Tontinluovutuksen ehdot	11
4.2	Kotiautomaatio	14
4.3	Rakennusautomaatio	17
5	Asukkaiden kokemukset	18
6	Yhteenveto	19
	Lähteet	21

Lyhenteet

EIB	European Installation Bus, eurooppalainen väylästandardi.
linja/väylä	Verkkotopologian muoto, jossa verkon laitteet on liitetty yhteen yhdistävällä kaapelilla
puu	Verkkotopologian muoto, jossa verkon laitteet haarautuvat laitteilta väyliksi.
raja-arvo	Ennalta asetettu arvo, jossa järjestelmä ryhtyy toimenpiteisiin.
rajapinta	Väylätekniikkojen kommunikointiraja.
topologia	Tapa, jolla verkon laitteet on liitetty toisiinsa kaapelilla.
tähti	Verkkotopologian muoto, jossa verkon laitteet on liitetty toisiinsa yhden tähden kautta.
VAK	Valvonta-alakeskus

1 Johdanto

Työn tilasi YIT Talo Oy (ent. Lemminkäinen Talo Oy) Helsingissä sijaitsevasta kohteesta As Oy Helsingin Takilasta. Tarkoituksena oli tutkia rakennukseen valittua KNX-kotiautomaatiojärjestelmää ja sitä, mitä valitulla järjestelmällä voidaan saavuttaa. Työssä tutkittiin järjestelmän mahdollisuuksia sekä sen toimintaperiaatteita. Kotiautomaatiojärjestelmän ohjelmiksi valittiin Fortumin Smart Living ja ABB:n Free@home -järjestelmä. Työssä esitellään KNX-järjestelmää ja tarkemmin ABB:n Free@home -järjestelmää. Järjestelmistä tutkittiin niiden mahdollisuuksia ja niitä ominaisuuksia, jotka kohteessa tulivat käyttöön. Työssä tarkasteltiin myös, mitä hyötyjä asukkaille tulee automaatiojärjestelmistä.

2 KNX

KNX-järjestelmien pyörittäjänä toimii KNX Association, joka on muodostunut aiempien järjestelmien (EIB, BCI, Batibus ja EHS) yhteenliittymänä. Suomessa toimii KNX Finland ry, joka vastaa Suomessa KNX-järjestelmien koulutuksista. Sertifiointikoulutuksia on kolme eri tasoa, jotka ovat sertifiointikoulutus, advanced-koulutus ja tutor-koulutus. Lähtötasolla, johon ei ole aikaisempaa koulutusvaatimusta, keskitytään järjestelmien käyttöönottoon. Advanced-koulutus, joka on seuraava taso, toimii jatkokurssina, johon on vaatimuksena Partner-sertifikaatti. Tutor-koulutus on ylin KNX-järjestelmän koulutus-taso, jonka suorittaminen on edellytyksenä KNX koulutuskeskuksen perustamiselle. Sertifikaatin hankkiminen on suotavaa KNX-ammattilaisille, mutta ei kuitenkaan ole pakollista. (1.)

KNX-järjestelmä on avoin maailmanlaajuinen standardi kotien ja kiinteistöjen ohjaukseen. Standardia ylläpitää ja kehittää KNX Association, jonka jäseniä ovat KNX-laittevalmistajat. KNX-laittevalmistajia on maailmassa yli 300. Kaikki KNX-laitteet sertifioidaan järjestön toimesta ja vain sertifioidut laitteet luokitellaan standardinmukaisiksi ja voidaan tuoda markkinoille KNX-tavaramerkin alla. KNX-järjestelmä on investointi, jonka tuomat hyödyt ilmenevät monesti vasta rakennuksen käytön aikana. (1.)

2.1 KNX-järjestelmän toimintaperiaate

KNX-järjestelmä muodostaa yhtenäisen verkon laitteiden välille. Yhteyksiin käytetään joko virtajohtoa, matalajännitteistä väyläjärjestelmää, radiosignaalia tai internetiä. Yhtenäisen verkon ansiosta järjestelmä on helppo toteuttaa sekä muokata käyttäjän haluamalla tavalla. Toimintoja voidaan säätää helposti tavoilla, jotka ovat vaatineet aikaisemmin huomattavasti teknistä työtä. (2, s. 27 – 28.)

Yhteyksiin asennetut sensorit, esimerkiksi liiketunnistimet ja termostaatit, ohjaavat omia toimilaitteitaan, jotka säätelevät rakennuksessa eri toimintoja. Järjestelmän ohjaus tapahtuu joko perinteisillä katkaisimilla tai keskitetysti kosketusnäytön avulla, myös internetin tai puhelimen välityksellä on mahdollista etäohjata järjestelmää. Perinteisessä sähköjärjestelmässä toiminnot määrätään pysyviksi viimeistään asennusvaiheessa. (3, s. 1.)

Väyläkaapeliin ansiosta toimintoja voidaan muokata ja laajentaa järjestelmän ollessa käytössä. Viime vuosina langattomat laitteet ja järjestelmät ovat yleistyneet KNX-asennusten osalta. Laitteiden kanssa tulee ongelmaksi niiden virran saanti, paristotkaan eivät kestä ikuisuuksia. (2, s. 27 – 28; 3, s. 1.)

2.2 Käyttösovellukset

Suomessa KNX-järjestelmä mielletään perinteisesti valaistuksenohjausjärjestelmäksi ja siihen sitä eniten Suomessa hyödynnetäänkin. Suurin hyöty järjestelmästä saadaan kuitenkin, kun sillä toteutetaan tilakohtainen kotiautomaatio, jossa jokaista tilaa ohjataan yksilöllisesti. Valaistuksen ohella järjestelmää voidaan hyödyntää myös lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon sekä kaihtimien ja markiisien ohjaukseen. Suomessa markiisien ja kaihtimien ohjaus on tällä hetkellä harvinaista. (4, s. 4.)

Valaistuksessa toiminnollisuus perustuu ohjelmallisiin yhteyksiin ja algoritmeihin. Näiden avulla valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa helppokäyttöiseksi ja vähän energiaa kuluttavaksi. Järjestelmän toimintoja voidaan muuttaa yleensä ilman kytkentämuutoksia. Valaistusta voidaan ohjata käsikytkennällä painikkeita hyödyntäen tai läsnäolotunnistimen

avulla automaattisesti tilaan saavuttaessa. Valaistusta on mahdollista ohjata päivänvalo-ohjauksella, tällöin anturit tunnistavat päivänvalon ja säätävät valaistusta sen mukaan. Energiatehokkain vaihtoehto kuitenkin on, että tilan käyttäjä kytkee valaistuksen käsi-käyttöisesti päälle ja liiketunnistimen avulla valaistus sammutetaan käyttäjän lähdettyä tilasta. (4, s. 6 – 7.)

Automaatiolla ohjataan myös kaikenlaisia verhoja, muun muassa sälekaihtimia, lamelli-verhoja, valkokankaita, markiiseja sekä pimennysverhoja. Näiden integroiminen sähköiseen kotiautomaatioon tekevät automaattisen auringonvalolta suojaamisen mahdolliseksi. Tämä parantaa kiinteistön sisäilmaa, kun tilojen lämpeneminen auringonvalon vaikutuksesta estetään sekä tekstiilien vaalentuminen vähenee auringonpaisteen seurauksesta. Automaattiverhojen käyttö on kuitenkin vielä vähäistä. (4, s. 4 – 5.)

Suurin hyöty automaatiojärjestelmällä saadaan, kun sitä hyödynnetään lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaukseen. Huonelämmönsäätimen avulla jokaiseen tilaan saadaan säädettyä yksilöllinen huonelämpötila. Tunnistimien avulla saadaan paikannettua tyhjät tilat ja niiden tarpeeton lämmitys estetään. Lämmityskustannukset pienenevät tällä tavoin, kun jokaista tilaa ei jatkuvasti lämmitetä, vaan niissä pidetään peruslämpöä yllä. Tämän ansiosta, kun tilaan tulee käyttöä, lämmittäminen ei kestä kauaakaan. Tämä on riippuvainen vahvasti lämmitysjärjestelmästä. Kerrostalossa tilan lämmityksen pienentäminen saattaa vaikuttaa muiden asuntojen lämpöviihtyvyyteen, joten lämmitystä ei voida pudottaa montaakaan astetta. Liiallinen lämpötilan vähentäminen saattaa lisätä kerrostalon kosteutta, joten kosteusvaurion riski on mahdollinen. (2, s.49 – 52; 4, s. 4 – 7.)

Lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaus KNX-automaatiikan avulla tulee ottaa huomioon ja sopia suunnitteluvaiheessa lämmitysjärjestelmän toimittajan kanssa. Huonekohtainen jäähdytys toteutetaan esimerkiksi jäähdytyspalkein tai -konvektoreilla. Jäähdytys on mahdollista toteuttaa myös lattiaviilennyksellä, kuten As Oy Helsingin Takilassa. Kun sama huonekohtainen lämmönsäädin ohjaa sekä lämmitystä että jäähdytystä, estyy niiden samanaikainen toiminta. (5.)

Keskitetyn ilmanvaihdon ohjaus tapahtuu ilmanvaihtopelleillä, joita avataan tai suljetaan läsnäolotunnistuksen mukaan. Energian säästö tapahtuu, kun riittävä määrä peltejä on kiinni, jolloin ilmanpaine tuloilmakanavassa nousee. Ilmanvaihtokone tällöin alentaa

tehoa, jolloin tilan jäähtymisen ja lämmityksen energiantarve pienenee. Vaihtelevien ihmismäärien kanssa hyödynnetään hiilidioksidiantureita. (5.)

Ilman talotekniikanohjauksen integrointia rakennuksen automaatioon tarvittaisiin monia eri käyttöliittymiä ohjaustoimintojen toteutuksiin. Järjestelmän käyttöliittymään kerätään keskitetysti eri ohjaustoiminnot, jolloin järjestelmäkohtaiset käyttöliittymät jäävät kokonaan pois tai niitä tarvitaan vain harvoin. Tällöin ne ovat helposti sijoitettavissa esimerkiksi teknisiin tiloihin. (2, s. 93 – 96.)

Etäkäytön avulla teknisten toimintojen ohjaaminen esimerkiksi internetyhteyttä hyödyntäen on mahdollista. Etäkäytön avulla voidaan nähdä muun muassa asunnon sisä- ja ulkolämpötila, vastaanottaa hälytyksiä tai ohjata lämmitys päälle. As Oy Helsingin Takilassa huoneistojen ilmanvaihto on toteutettu huoneistokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla. Tällöin koneen kierroksia voidaan pudottaa poissa-painikkeella. (2, s.53 – 56; 4, s. 4 – 7.)

2.3 KNX-projektin kulku

2.3.1 Valmisteluvaihe

Automaatiojärjestelmän valmisteluvaiheessa rakennuttajalla ei ole juurikaan tietoa automaatiojärjestelmästä ja sen mahdollisista hyödyistä. Yleisimmin pyritään kustannustehokkaaseen ratkaisuun. Useat asukkaat saattavat vieroksua automaation säätömahdollisuuksia. Usein järjestelmä pysyy toiminnassa suunnitteluarvoilla, kun asukkaat eivät pääse muuttamaan järjestelmän toimintaa. Toisaalta asukkaat haluavat yksinkertaisen järjestelmän, joka mieluiten toimisi taustalla automaattisesti. Valmisteluvaiheessa ratkaisevat yleensä,

- tontin luovutusehdot
- rakennushankkeeseen ryhtyvät asuntotuotteen vaatimukset.

Tässä vaiheessa harkitaan, kuinka automatisoiduksi rakennus halutaan toteuttaa. Modernin automaation toteutus vaatii rakennuttajalta perehtymistä siihen, mille tasolle tuleva kiinteistö halutaan automatisoida. Rakennuksen automaatiojärjestelmät vaikuttavat

laajasti sähköasennustöihin. Valmisteluvaiheessa kerätään tiedot olemassa olevista järjestelmistä ja tarvikkeista sekä, kuinka ovat saatavissa. Mietitään automaatioasiantuntijoiden kanssa hieman siitä, mitä halutaan ohjata ja valvoa. Yleensä pyritään pysymään tutuissa vakioratkaisuissa. Uudet järjestelmät on koettu haastaviksi. Lähes aina on kohdattu odottamattomia ongelmia ja yhteensovittamista. (6.)

2.3.2 Suunnitteluvaihe

Suunnitteluvaiheessa laaditaan rakennusprojektille tavoitteet, joiden mukaan suunnittelu toteutetaan. Vaiheessa kartoitetaan useammassa vaiheessa, mitä projekti pitää sisällään sekä tehdään siihen liittyvät määrittelyt. Suunnitteluvaihe voidaan jakaa muutamaaan osaan, joita ovat esisuunnittelu, alustava suunnittelu, lopullinen suunnittelu ja toiminnallisuuden suunnittelu. (6.)

Suunnittelun lähtötietoina on projektin automaatiotaso, esimerkiksi ohjataanko vain valaistusta, yhdistetäänkö kaikki talon järjestelmät kokonaisuudeksi ja halutaanko etäkäyttää kaikkia toimintoja vai vain osia. Esisuunnitellaan myös automaatioon liitettävät päätoiminnot, kuten valaistuksen ohjaus, verhojenohjaus ja lämmityksen sekä ilmanvaihdon ohjaukset. Alustavassa suunnittelussa toteutetaan järjestelmän peruskaaviot ja toimintakuvaukset. Tässä vaiheessa myös tehdään alustava valaistussuunnittelu, jossa suunnitellaan, minkälaisia valaisimia halutaan käyttöön ja kuinka niiden ohjaus toimii. (6)

Lopullisessa suunnittelussa piirretään sitten sähkökuvat automaatiojärjestelmien kanssa ja lopullinen valaistussuunnitelma, joka vaikuttaa automaation väylä- ja kaapelointisuunnitelmiin sekä tuotevalintoihin. Muita suunnitelmia automaatiojärjestelmän toteutukseen ovat väyläkaapelointipiirustus, KNX-kalusteiden sijoittelu, sähkö- ja KNX-keskusten kuvat sekä erillisjärjestelmien KNX-liitäntäpisteet. (6.)

Tavoitellessa korkeaa automaation tasoa järjestelmissä pitää ylittää perinteisiä talotekniikan osapuolten välille muodostuneita rajoja. Tämä edellyttää järjestelmää suunnitella yhteisiä neuvotteluita eri alojen suunnittelijoiden kesken hyvin paljon. Suunnittelijat sopivat järjestelmien väliset rajapinnat, jolloin estetään päällekkäisten toimintojen syntyminen. (6.)

Suunnittelussa on suositeltavaa jättää linjasegmentteihin varauksia laajennuksille, jos käytön aikana rakennuksen käyttäjä toteaa haluavansa järjestelmään joitakin toimintoja lisää. Linjasegmentit sovitetaan siten, että kukin linjasegmentti saa rakennuksesta mahdollisimman itsenäisesti hallinnoitavan osuuden. Tämä on erittäin tärkeää, jolla vältetään päällekkäisten toimintojen käyttö. Samassa tilaan tai rakennuksen osaan liittyvien anturien ja toimilaitteiden pitää sijaita samassa linjasegmentissä. (6; 7, s. 79.)

2.3.3 Asennus ja ohjelmointi

Asennus voidaan jakaa kahteen eri osaan: mekaaniseen asennukseen ja ohjelmointiin. Mekaanisessa asennuksessa suoritetaan fyysiset asennukset eli kaapeloinnit, keskusten asennukset ja järjestelmä laitteiden asennukset ja kytkennät. Toimilaitteiden toimintoja ei kuitenkaan määritellä mekaanisessa asennuksessa vaan ohjelmointi tapahtuu käyttöönoton yhteydessä ja mahdollisesti myös käytön aikana. Ohjelmoinnissa suoritetaan toimilaitteiden toiminta toiminnallisuussuunnitelman mukaisesti. (6.)

2.3.4 Testaus, opastus ja luovutus

Ennen luovutus suoritetaan järjestelmän testaus ja käyttäjien opastus. Opastuksen aikana ilmenee usein asiakaskohtaisia lisätarpeita. Toiminnallisuussuunnitelma on erittäin merkittävässä osassa, koska tämän avulla lisätarpeiden paikantaminen on helposti selvitettävissä. Muutosten vaikutus on laaja, joten tarpeet ja toiveet aiheuttaa sekä kaapelointitarvetta, kalusteiden muuttamista useampitoimiseksi painikkeeksi, että keskustarvikkeiden ohjattavien ryhmien lisäykseen ja uudelleen ohjelmointiin. Linjasegmentteihin jätetään tarkoituksella varauksia mahdollisille laajennuksille. KNX-järjestelmien asennus dokumentoidaan aina, kun ohjelmoinnit tallennetaan mahdollista järjestelmän palautusta varten. (6.)

2.3.5 Ylläpito

Ylläpito alkaa rakennuksen luovutuksesta. Ylläpitopalvelu KNX-järjestelmissä tarkoittaa ohjelmallisia muutoksia ja lisätoimintojen liittämistä järjestelmään tarvittaessa. Järjestelmä on rakenteeltaan joustava sekä helposti muunneltava. KNX:n ollessa

kansainvälinen sertifikaatti voivat osaavat KNX-toimijat, jotka ovat suorittaneet KNX Partner -sertifikaatin, toteuttaa järjestelmän ohjelmointimuutoksia kaikissa kohteissa. (6.)

2.4 KNX-kotiautomaatio

As Oy Helsingin Takilassa on kotiautomaatiojärjestelmä. Järjestelmän avulla asukas voi ohjata asunnon valaistusta, lämmitystä, sähköpisteitä ja ilmanvaihtoa. Asukas saa tietoa asunnon veden ja sähkönkulutuksesta. Järjestelmän toimintaa voidaan seurata mobiilisovelluksen kautta esimerkiksi tabletilla tai älypuhelimella. (5.)

Kotiautomaation avulla koko järjestelmä voidaan mukauttaa ja ohjelmoida asiakkaiden toiveiden mukaan. Toimintoja on helppo ja nopea sovittaa yksilöllisiin tarpeisiin ja henkilöiden käyttöön. Mobiilisovellus on asuntokohtainen, ja sovelluksen käyttöoikeuksia hallinta on isännöitsijällä. (5.)

2.4.1 Kotiautomaatiojärjestelmän tavoitteet

Kotiautomaatiojärjestelmällä pyritään optimoimaan rakennusten energiatehokkuus. Optimoinnilla tarkoitetaan, että energiaa käytetään vain silloin kun se on välttämätöntä sekä vain se määrä, joka tarvitaan. KNX-teknologian standardi mahdollistaa kymmenien prosenttien säästöjä energian käytössä (taulukko 1). (8.)

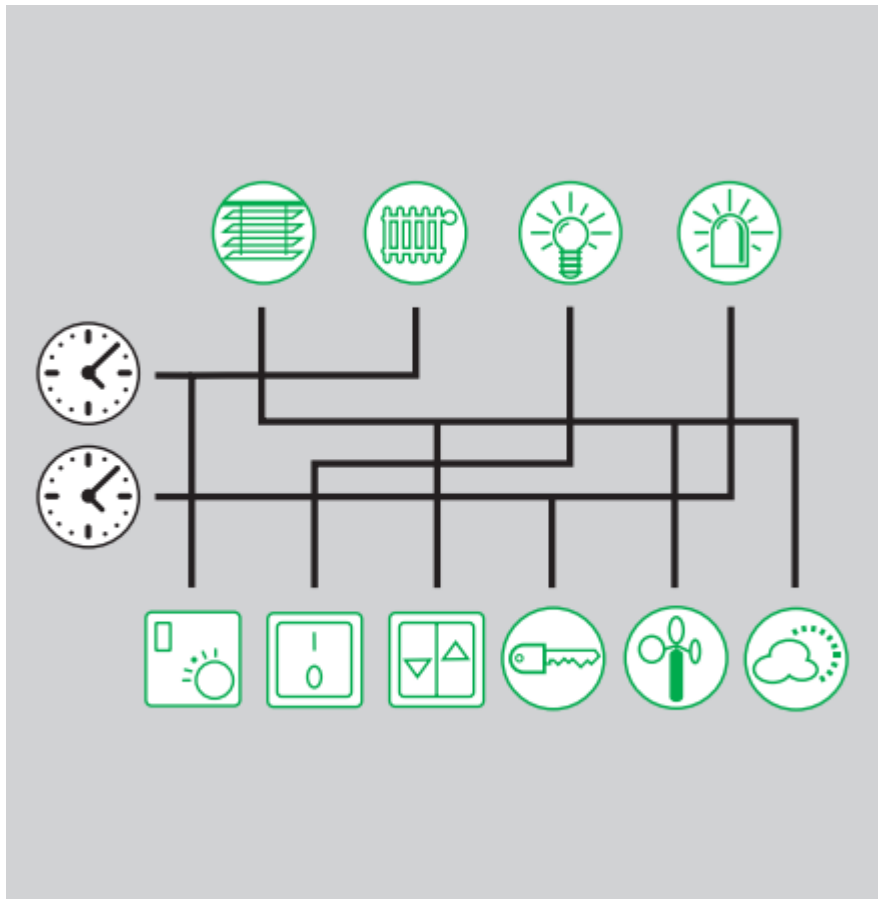
Taulukko 1. ABB:n kotiautomaatiojärjestelmän mukainen keskimääräinen säästö.

Toiminto	keskimääräinen säästö
Huonelämpötilan ohjaus	14 – 25 %
Lämmityksen automatisointi	7 – 17 %
Aurinkosuojauksen automatisointi	9 – 32 %
Päivänvalon hyväksikäyttö valaistuksessa	25 – 58 %
Ilmanvaihdon automatisointi	20 – 45 %

Taulukosta 1 voidaan huomata, että hyödyntämällä ohjaustekniikan mittauksia sekä sen optimointia tavoitetaan keskimäärin 11–31 %:n energiasäästöä. (8, s. 8.)

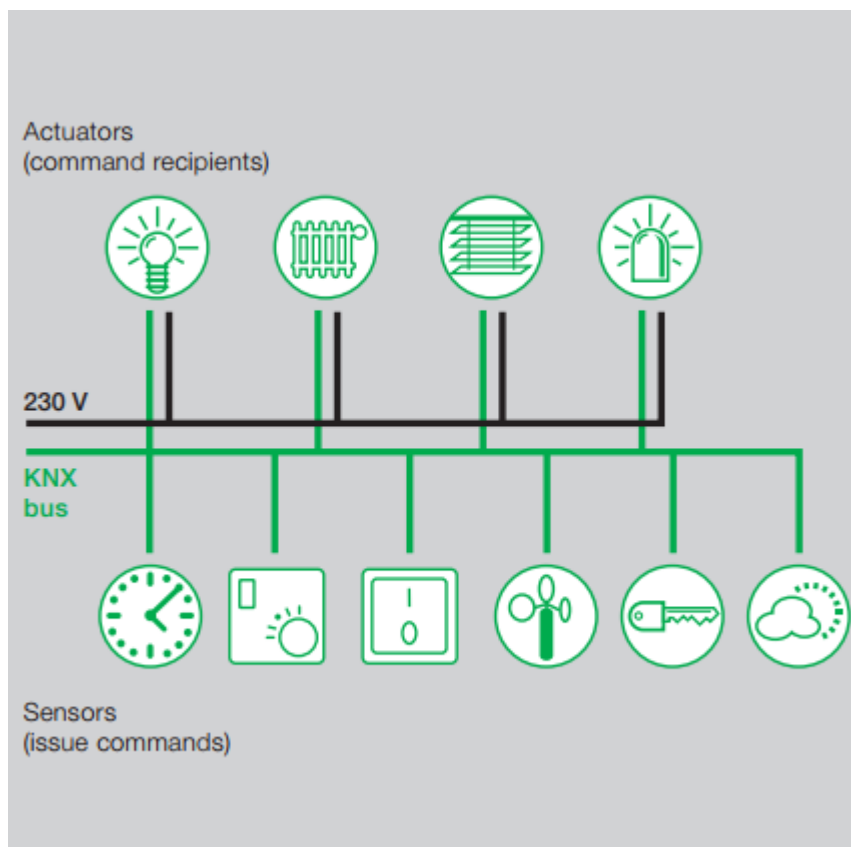
2.4.2 KNX-järjestelmän rakenne

KNX-automaatiojärjestelmässä väylä koostuu parista kierrettyjä parikaapeleita, jotka yhdistävät KNX-laitteet. Kaapeleiden välityksellä välitetään virtaa ja siirretään datasähkeet laitteiden elektronikalle. Järjestelmää voidaan myös laajentaa IP-verkkoihin ja käyttää langattomia ratkaisuja. Rakenne on suunniteltu hyvin joustavaksi, ja laitteet voidaan liittää siihen monin tavoin esimerkiksi linja-, puu- tai tähtikytkennöillä. (8, s. 2 – 3.)



Kuva 1. Tavanomainen sähköratkaisu. (KNX-taloautomaatio järjestelmäopas, ABB Oy)

Kuvassa 1 esitetään tavanomainen sähköjärjestelmän ratkaisu. Tässä on useita eri asennuksia, ja kaikilla on erilliset toiminnallisuudet. Järjestelmässä on vähäinen joustavuus. Järjestelmässä jokaisella laitteella ohjataan yhtä toimintoa.



Kuva 2. Järjestelmä ratkaisu KNX-automaatiota hyödyntäen. (KNX-taloautomaatio järjestelmä-
opas, ABB Oy)

Yhdellä järjestelmällä saavutetaan paras joustavuus. Laitteistot ovat yhteydessä toisiinsa, jolloin ohjaus on helppoa ja näin vältetään toimintojen päällekkäisyys, tämä on esitetty kuvassa 2. Esimerkiksi lämmityksen ja viilennyksen päällekkäisyys kuluttaa hyvin paljon turhaa energiaa. (8, s.2– 3.)

3 ABB-free@home

ABB-free@home on ABB:n tuottama kotiautomaation ohjausjärjestelmä, joka toimii KNX-pohjaisesti ja yhdistää kaikki toiminnot yhteen ohjauspaneeliin. Järjestelmään voidaan ohjelmoida erilaisia valaistustilanteita sekä ajastuksia eri toiminnoille. Kotiautomaatiota voidaan käyttää ja muokata omalla tietokoneella tai kännykällä. Kodin ohjausta helpottaa huomattavasti, kun samalla järjestelmällä voidaan ohjata muun muassa valaistusta, kaihtimia, sekä lämmitystä ja ilmanvaihtoa. Esimerkiksi huonelämpötilat voidaan

pitää sopivina ja säästää lämmityskuluissa, silloin kun huoneissa ei oleskella. Järjestelmä valittiin kohteeseen tontinluovutusehtojen mukaisesti, mistä ABB:llä järjestelmän toimittajana oli aikaisempaa kokemusta. Järjestelmän eduksi katsottiin myös, että se on helppokäyttöinen, minkä tarkoituksena on, että asukkaalle saadaan mahdollisimman yksinkertainen järjestelmä käyttöön. As Oy Helsingin Takilassa tavoiteltiin, että asukas ymmärtää järjestelmän toiminnan ja käytön käytönopastuksessa. Tämä helpottaa pääura-koitsijan luovutuksen jälkeisiä töitä, kun asukas on hyvin opastettu järjestelmän käyttöön ja sen toimintoihin. (9.)

3.1 Ohjausmahdollisuudet

3.1.1 Valaistuksenohjaus

Valaistuksenohjaus on monipuolisesti mahdollista. Järjestelmällä voidaan ohjata niin sisä- kuin ulkovalaistusta ja valoja voidaan kytkeä ja himmentää yksittäin tai ryhmissä. Tilanneohjauksia hyödyntäen valot saadaan suoraan haluttuun kirkkauteen, ja nämä valaistustilanteet ovat helposti muokattavissa. Järjestelmän avulla valaistuksen ohjaus voidaan toteuttaa liikkeen tai läsnäolon perusteella ja näiden toimintojen kanssa voidaan hyödyntää haluttua päivää tai kellonaikoja ja myös auringon liikettä. Tällä tavoin valaistuksenohjauksesta tulee entistä energiatehokkaampaa. (10.)

3.1.2 Lämmityksen ja jäähdytyksen ohjaus

Automaatiojärjestelmän avulla lämmityksessä ja jäähdytyksessä voidaan säästää huomattavasti. Free@home -järjestelmää hyödyntäen lämmitys mukautuu asukkaiden tarpeisiin ja päivärytmiin, jolloin järjestelmä mukautuu automaattisesti aikaisempia säätöjä mukaillen. Automaatiojärjestelmä soveltuu kiinteistön lämmitystavasta riippumatta jokaiseen kiinteistöön. Lämmityksenohjauksessa on mahdollista hyödyntää järjestelmän Eco-tilaa, joka alentaa asunnon lämpötilaa poissaolon ajaksi. Järjestelmä tunnistaa kiinteistön tuuletukset, jolloin lämmitystä vähennetään. (10.)

3.2 Asennus

ABB-free@home -järjestelmä tiedonsiirto saadaan toimimaan väyläkaapelilla tai langattomasti. Langattomassa järjestelmävaihtoehdossa laitteet ovat toiminnaltaan vastaavia, mutta eivät tarvitse virransyötön lisäksi muuta. Järjestelmäkomponenttien käyttöönotto voidaan toteuttaa joko verkkoselaimen tai ABB-free@home-sovelluksen kautta. Yhteen järjestelmään voidaan käyttää sekä langallisia että langattomia komponentteja. Näin järjestelmään on mahdollista liittää yhteensä 128 laitetta. (10.)

Järjestelmällä on kaksi mahdollista asennustapaa, joita pystytään yhdistelemään. Asennustapoja ovat keskitetty ja hajautettu asennustapa. Keskitetyssä asennustavassa kaikki toimilaitteet sijaitsevat keskuksessa, ja hajautetussa tavassa toimilaitteet ovat integroituna painikkeisiin. Hajautetulla asennustavalla saadaan laitteiden määrää lisättyä, mikäli keskuksella ei ole riittävästi tilaa. (11.)

4 Automaatiojärjestelmät As Oy Helsingin Takila

Kohteessa on sekä huoneistokohtainen kotiautomaatiojärjestelmä, että rakennusautomaatiojärjestelmä. Kotiautomaatiojärjestelmä kattaa huoneistoissa olevan KNX-verkon laitteineen sekä KNX/IP-verkon. Rakennusautomaatiojärjestelmä kattaa kiinteistön yleisen automaation. Kohteessa kotiautomaatiojärjestelmä palvelee yksittäistä asuntoa ja tiedon siirto rakennusautomaatiojärjestelmän kanssa tapahtuu Fortumin Smart Living-palvelun välityksellä. Kotiautomaatiojärjestelmän ei ole pakko kytkeytyä rakennusautomaatioon, mutta kohteen lattialämmityksen/-viilennyksen vaikutuksesta eivät järjestelmän huonetermostaatit muuten osaa ohjata venttiileitä oikein. (12.)

4.1 Tontinluovutuksen ehdot

Sompasaaren alueen tonttien luovutuksissa on monia lisäehtoja muun muassa kiinteistön taloteknisiin ja muihin tietotekniikkaa hyödyntäviin järjestelmiin liittyen. Varauksen-saaja on lisäehtojen mukaan velvollinen toteuttamaan kustannuksellaan kohteen järjestelmiin älykkäiden energijärjestelmien toiminnot Helsingin kaupungin kiinteistöviraston

ohjeen mukaisesti. Yhtenäisillä tontinluovutusehdoilla tavoitellaan uutta liiketoimintaa, uusia palveluja sekä saada aikaan merkittäviä järjestelmätason kustannussäästöjä. Tontinluovutusehdoissa määritellään, että järjestelmät tulee toteuttaa siten, että data ja rajapinnat ovat käytettävissä avoimen datan yleisillä lisenssiehdoilla. Järjestelmiin tulee voida liittää eri valmistajien tuotteita, jotka noudattavat samaa standardia. Maailmanlaajuisesti yleisin avoimen datan järjestelmä on KNX. (13.)

Kotiautomaatiota ohjaavat tontinluovutus ehdot siten, että huoneiston sähkölaitteiden paikallisten käyttö- ja ohjaustoimenpiteiden tulee olla riippumattomia kiinteistön ulkopuolisista tietoliikenneyhteyksistä. Tarkoituksena on, etteivät toimenpiteet ole riippuvaisia kiinteistön toiminnasta. Huoneistot tulee varustaa kotona/poissa-kytkimellä, jolla ohjataan muun muassa huoneiston sähkökuormia ja ilmanvaihtoa. Asuntojen ryhmäkeskukissa on sähkökuormat ryhmiteltävä ryhmiin, jotka muodostuvat kulutustyypeittäin. Valaistus ryhmitellään omakseen, mikä muodostaa yhden kulutustyyppiryhmän. Muut kulutustyyppit muodostuvat seuraavasti:

- Huoneiden seinä- ja lattiapistorasiat
- Ruoanlaitto: keittiön työpöytäpistorasiat, liesu/uuni
- Siivous ja vaatehuolto: Kodinhoitohuoneen pistorasiat, astianpesukone, pyykinpesukone ja kuivausrumpu
- Kylmälaitteiden pistorasiat
- Lämmityslaitteet
- Varaavat lämmityslaitteet
- Ilmanvaihto- ja jäähdytyslaitteet
- Autojen lämmitys- ja latauslaitteet.

Sähkökuormien tulee olla ohjattavissa, sekä niiden tilatiedon on oltava saatavilla. As Oy Helsingin Takilassa sähkökuormien seuraaminen tapahtuu ABB:n Free@home-järjestelmää hyödyntäen. Asunnoissa on asuntokohtainen portaali, josta kulutustiedot ovat nähtävillä. Kuvassa 3 on esitetty yksi järjestelmän ohjausportaalista. (11.)



Kuva 3. ABB Free@home -järjestelmän asuntokohtainen portaali. (ABB Oy)

Kuvassa 3 on esitetty ABB:n asuntokohtainen portaali, josta asukkaalla on mahdollista seurata muun muassa asuntonsa kuluttamaansa sähköenergiaa sekä kylmän ja lämpimän käyttöveden määrää. Käyttöliittymästä on mahdollista nähdä sähkönkulutuksen teho ja kulutetun sähkötehon tunnissa kuluttama hinta. Hintatiedot perustuvat isännöitsijän vastuulla olevan hinnanpäivityksen mukaisesti.

Takilassa on tullut rakennusvaiheessa eri tahoilta monia kysymyksiä liittyen kiinteistön automatiikkaan sekä asuntojen automatiikkaan liittyen. Suurimmat huolet ovat olleet käyttöliittymien yhteensovittaminen. Kohteessa käytetään ABB:n KNX-järjestelmää, jonka kanssa käytetään Fortumin Smart Living -järjestelmää. Ohjelmaa testataan hyvissä ajoin, jotta saadaan ongelmat minimoitua lähellä luovutusta. Smart Living -järjestelmän käyttöönottoa varten työmaalla tarvitaan toimiva internetyhteys, sekä kaapeloinnit kytkimille sekä jakamoiden välille. Urakkarajoissa kohteen aikana ilmennyt ristiriitoja toimitus ja asennussisältöjen kanssa. (12.)

Kun kiinteistöautomaatiojärjestelmä ja kotiautomaatiojärjestelmä ovat erilliset, näiden yhteensovittaminen aiheuttaa kysymyksiä. As Oy Helsingin Takilassa järjestelmien välinen tiedon siirto on tarvittava, jotta kiinteistöautomaatiolta tarvitaan tieto

lämmityksen/viilennyksen käytöstä KNX-kotiautomaatiojärjestelmälle. Näin huonetermostaatit osaavat vaihtaa lattialämmityksen ja viilennyksen välillä. Tämän tiedon välitykselle on kaksi vaihtoehtoa. Kotiautomaatiolta jokaiselle asunnolle voidaan kaapeloida tieto lämmityksen/viilennyksen käytöstä tai tieto voidaan välittää Fortumin Smart Living -järjestelmän kautta. ABB:n kotiautomaatiojärjestelmä on huoneistokohtainen. Kohteessa päädyttiin, että tieto välitetään kiinteistöautomaatiolta KNX:lle Smart Living -järjestelmän kautta IP-pohjaisesti. Kiinteistöautomaatiota ja huoneistokohtaista kotiautomaatiota ei yhdistetä muuten kuin lämmityksen ja viilennyksen käytöstä. (12.)

ABB:n toimittaman KNX-järjestelmän hälytystiedoksi ei sovi 24V DC-ohjaussignaali, joka on Swegonin koneissa, joita kohteessa käytetään. Koneisiin on liitettävä Swegon SET-moduuli, joka on erillinen ulkoinen moduuli. Huonetermostaatti osaa hoitaa lämmityksen ja viilennyksen, mutta tarvitsee ulkoisen säätöviestin vallitsevasta toiminnosta. (12.)

4.2 Kotiautomaatio

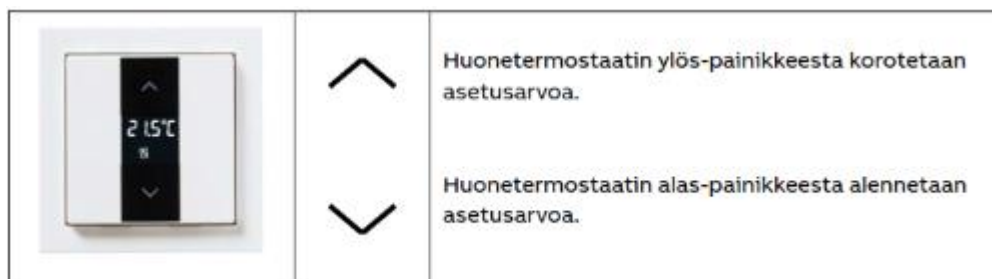
Huoneistokohtaisen kotiautomaation keskeisiä tehtäviä ovat,

- tarjota operaattorin välityksellä CIM-rajapinnan mukainen sähköryhmien etäohjaus,
- lattialämmityksen- ja viilennyksen huonekohtainen ohjaus
- kulutusmittarointi
- IV-koneen ilmamäärien tehostaminen säätöviestillä
- hälytykset ja tiedonvälitys.

Kotiautomaatioon kuuluu huoneistokohtainen sähkönkulutuksen mittaus, kuten tonttiedoissa esitetään. Kokonaisvaltaisen mittauksen saamiseksi asuntojen sähkömittareilta otetaan pulssimittaus KNX-väylän impulssiyksiköiltä. Kotiautomaatio saa käyttäjännitteen huoneiston ryhmäkeskukselta. Sähkökatkon aikana järjestelmä ei ole käytettävissä, mutta sähkökatkon päätyttyä järjestelmän tulee palautua itsenäisesti normaaliin käyttötilaan. Järjestelmällä mitataan asunnon ja kulutuslaitteiden sähkönkulutusta. Kulutustiedot ovat nähtävissä operaattorin toimittamasta asuntokohtaisesta portaalista.

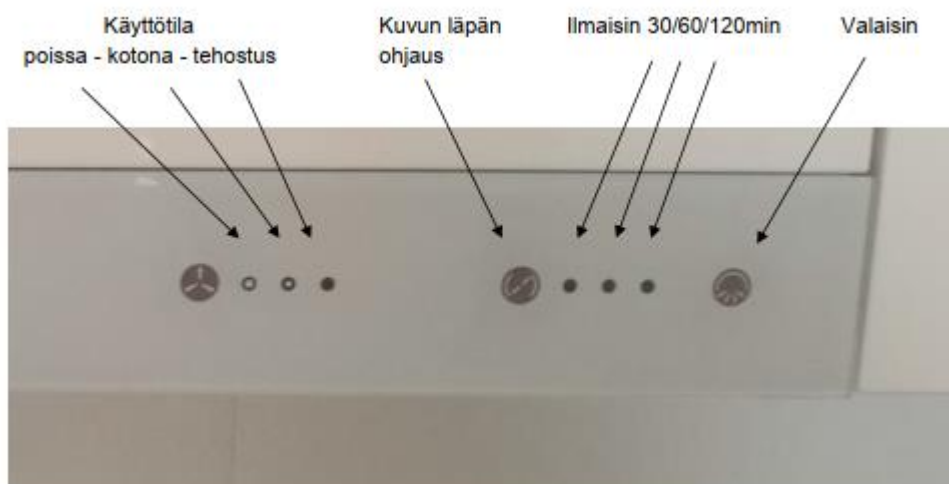
Kotona/poissa-kytkimellä ohjataan sähkökeskuksessa olevia releitä, jotka kytkevät tai katkaisevat sähkön ohjelmasta asetetuilta sähköryhmiltä. (13.)

Asuinhuoneissa on termostaatein ohjattava vesikiertoinen lattialämmitys ja -viilennys. Termostaatti ohjaa huoneen lämpötilaa, kuvassa 4 on esitetty asunnoissa oleva huoneistosäädin. Huonetermostaatissa esitetään lämpötilan asetusarvo ja lämpötilaa voi poikkeuttaa huonekohtaisesti perusarvosta $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Menoveden lämpötilaa ohjataan suunnitteluarvojen mukaisesti lämmönjako- ja kaukokylmäkeskukselta, eikä $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$:n poikkeutusta ole aina mahdollista saada. Lämmityksen ja viilennyksen välillä valinta on ohjattu rakennuksessa keskitetysti, eikä sitä voi muuttaa huonetermostaatista. (5.)



Kuva 4. Huonetermostaatti As Oy Helsingin Takilan asunnoissa. (Optiplan Oy)

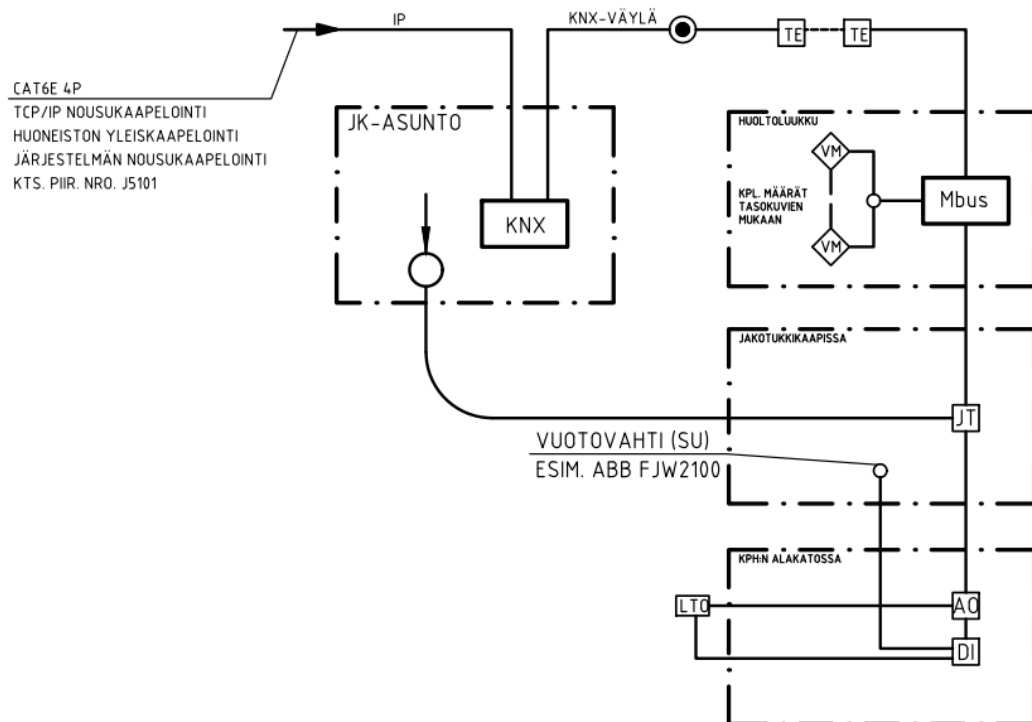
Kotiautomaatiojärjestelmän toimintaselostuksen mukaan huoneistojen lämmityksen ja jäähdytyksen säätö tapahtuu lattiapiirien venttiileitä säätämällä, joka perustuu huonesäätimien mittaaman huonelämpötilan asetusarvoon. Huonesäädin vaihtaa automaattisesti lämmitys- ja jäähdytystilojen välillä rakennusautomaation tiedon perusteella kuvan 4 mukaisesti. (5.)



Kuva 5. Huoneistojen ilmanvaihtojärjestelmän erillinen ohjaus tapahtuu liesikuvun kautta.

Huoneistoissa on asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet, jotka sijaitsevat asuntojen kylpyhuoneessa. Ilmanvaihtojärjestelmän ohjaus tapahtuu huoneistoon asennetun pääohjauskytkimen tai huoneistokohtaisen erillisen ohjauksen kautta. Erillinen ohjaus tapahtuu liesikuvun painikkeista, jotka on esitetty kuvassa 5. Pääohjauspaneelista voidaan asettaa ilmanvaihtokone kotona-poissa-tilaan. Erillisen ohjauksen kautta kone on mahdollista asettaa tehostus tilaan. Tehostusasentoja on kolme (30, 60, 120 min). Ajat määrittävät, kuinka kauan tehostus on päällä, jolloin se sulkeutuu automaattisesti. Tehostusta käytetään pääosin ruoanlaiton, saunomisen, suihkun ja pyykinkuivatuksen yhteydessä. Ilmanvaihdon tehostaminen edesauttaa huoneistossa olevan käryn ja liian kosteuden poistoa. Ilmanvaihtokoneissa on tuloilman viilennysyksikkö. Viilennys on säädetty siten, että viilennystoiminta lähtee käyntiin automaatioasetuksien mukaan. (5.)

Ilmanvaihtokone saa liesikuvulta indikoinnin liesikuputehostustoimintoa varten. Ilmanvaihtokoneessa on poisto- ja raitisilman lämpötilaan perustuva täysin itsenäinen IV-jäähdytyksen automatiikka. Ilmanvaihtokoneen käyntinopeutta säädetään kotona/poissa-kytkimen tiedon perusteella. Poissa-asennolla IV-kone käy minimivirtaamalla ja muulloin mitoitettulla mitoitusvirtaamalla. Kotiautomaatiojärjestelmältä lähtevät rakennuksen automaatiojärjestelmälle hälytystiedot vuotovahdilta jakotukin luota ja IV-koneen häiriöhälytykset huoltoyhtiötä varten. (5.) Kuvassa 6 on esiteltynä kohteen huoneistokohtaisen kotiautomaatiojärjestelmän periaatekaavio.



Kuva 6. Kotiautomaatiojärjestelmän asunnon periaatekaavio. (Optiplan Oy)

As Oy Helsingin Takilassa asuntojen automaatio toteutetaan ABB:n KNX-järjestelmällä, joka liitetään Fortumin Smart Living -järjestelmään. Fortum toteuttaa kohteeseen mobiilisovelluksen KNX:n tietojen perusteella. Mobiilisovelluksen avulla voidaan ohjata valaistusta ja ilmanvaihtoa, seurata sähkön ja veden kulutusta, tilojen lämpötiloja sekä määrittää kotona/poissa-tilat. KNX:n etuna on, että yhdestä napista voidaan kerralla suorittaa useampia toimintoja ja tarpeen mukaan myös muuttaa valintoja. (12.)

4.3 Rakennusautomaatio

Yleinen vaatimus kohteessa rakennusautomaatiolle on, että valvomojärjestelmän käyttöliittymässä tulee olla niin sanottu nollauspainike, joka asettaa automaatiojärjestelmän asetusarvot alkuperäisiin käyttöönoton viritysarvoihin. Rakennusautomaatiojärjestelmän on kyettävä kommunikoimaan kotiautomaatiojärjestelmän kanssa, mikä voidaan

toteuttaa joko KNX-yhteensopivalla VAKilla tai väylämuuntimilla. Kohde on varustettu yksiverkostoisella lattialämmitys- ja lattiaviilennysjärjestelmällä. Kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä säättää lattiaverkoston lämpötilaa ja ilmoittaa kotiautomaatiojärjestelmän säätimille, onko lattiaverkosto viilennys- tai lämmitystilassa. Rakennusautomaatiojärjestelmä saa kotiautomaatiojärjestelmästä viiden korkeimman huonelämpötila mitaukset lämpötilakeskiarvon, jota hyödynnetään lattiaviilennyksen säätöön. (13.)

Rakennusautomaatio ohjaa kiinteistön yhteistilojen toimintoja, muun muassa valaistusta, ovilukkoja, sekä talosaunaa ja pesulan laitteita. Valojen päällä oloa voidaan rajoittaa aikaohjelmaan aseteltuina aikajaksoina. Kullekin ohjauksella asetellaan omat valoisuuden raja-arvot ja aikaohjelmat. Sähköisiä ovilukkoja ohjataan asetettujen aikaohjelmien mukaisesti. Talosaunan ovilukkoja ohjataan kiukaan käytön mukaan. Kiukaan saadessa käyntiluvan, ovilukot ohjataan auki ja käyntiluvan poistuttua lukkoon. (13.)

5 Aukkaiden kokemukset

Kohteen As Oy Helsingin Takilan asukkailta pyydettiin luovutuksen jälkeen palautetta monista asioista. Näitä olivat muun muassa kodin käyttö- ja huolto-ohjeiden selkeys, käytönopastuksen riittävyys sekä teknisten järjestelmien (lämmitys ja ilmanvaihto) toimivuus. Palautteet olivat vaihtelevia ja vaikeita tulkita, kun asukkaat antoivat palautetta hyvin niukkasanaisesti. Käytössä oli YIT:n jokaisessa kohteessa suoritettava kyselypohja, jota ei räätälöidä jokaiseen kohteeseen erikseen. Kyselyyn vastattiin hyvin, noin 70-prosenttisesti.

Pääsääntöisesti asukkaat kokivat, että heille pidetty järjestelmien käytönopastus ei ollut riittävä. Käytönopastuksesta vastaavana tahona on pääsääntöisesti pääurakoitsija. Kohteessa pidettiin käytönopastus pääurakoitsijan työnjohdon voimin. Käytönopastuksen jälkeen asukkailla oli luovutuksen yhteydessä jaettu kodin kansio, johon oli kerättyä asunnon kaikkien materiaalien käyttö- ja huolto-ohjeet. Palautteiden mukaan asukkaat eivät saaneet käytönopastuksen aikana riittävästi tietoa järjestelmien käytöstä. Käytönopastajalla ei todennäköisesti ole ollut itselläkään riittävästi tietoa järjestelmien käytöstä.

Palautteiden perusteella kodinkansiossa olleet ohjeet asukkaille Fortumin Smart Living -järjestelmään olivat väärät. Käytönopastus pidettiin muuttotarkastuksen yhteydessä, jolloin asukkaiden kanssa käytiin järjestelmien käyttö lävitse. Näin oli yksittäisiä tapauksia, joissa olivat unohtaneet järjestelmien käytön ja ohjauksen. Palautteissa tuli ilmi, että osa asukkaista olisi kaivannut muuton jälkeiselle ajankohdalle uuden opastuksen.

Lämmitykseen liittyvät palautteet olivat hyvin vaihtelevia. Suurin osa palautteen antaneista asukkaista koki huoneistojen lämpötilan alhaiseksi. Palautteiden antohetkellä kohteessa ei ollut suoritettu lämpötilojen säätömittauksia, vaan ne suoritettiin seuraavalla lämmityskaudella.

6 Yhteenveto

As Oy Helsingin Takilassa on käytössä KNX-automaatiojärjestelmä, jolla ohjataan asunnon sähköryhmiä ja kotona/poissa-tilaa. Järjestelmällä mitataan asunnon ja kulutuslaitteiden sähkönkulutus sekä lämpimän- ja kylmän veden kulutus. Kulutustiedot ovat nähtävissä ABB:n toimittamasta asuntokohtaisesta portaalista. Kohteen KNX-automaatiojärjestelmä on toteutettu ABB:n Free@home-järjestelmällä, joka liittyy rakennusautomaatioon Fortum Smart Livingin avulla. Järjestelmällä asukkaat saavat seurata lämpimän, ja kylmän veden sekä sähkön kulutusta. Kulutustiedoilla asukkaalla on mahdollista säätää kulutustapojaan sekä säästää sähkölaskuissa ja vesilaskuissa. Asukkaiden kokemuksia kulutuksen seurannasta ei tullut ilmi palautteista, jotka kysyttiin juuri muuton jälkeen. Palautteiden kysely kannattaa siirtää huomattavasti muuttopäivästä edemmäksi, jotta saataisiin tarkempi palaute eikä ainoastaan ensimmäistä vaikutelmaa, laitteiden käytöstä ja toimivuudesta.

Asukkailta pyydetty palautteet toivat ilmi, että laitteiden käyttöönotossa olisi huomattavasti parannettavaa. Käyttöönotto voitaisiin toteuttaa asukkaille mahdollisesti yhteistilaisuutena, johon tulisi laite- ja palveluntarjoajien puolesta opastaja. Tämä aiheuttaa ajallisesti haasteita palveluntarjoajille, koska niille yhteistilaisuuden ajan varaaminen voisi olla vaikeaa, kun ennakoon ei osata sanoa, kuinka kauan tilaisuus tulee viemään aikaa. Käytönopastuksessa pääurakoitsijan täytyy varmistaa, että opastava henkilökunta on itse perehtynyt laitteiden toimintaan ja käyttöön paremmin kuin tässä kohteessa oli.

Asukkaiden palautteista pystytään päättämään, että tilaajan on muokattava käytönopastus käytäntöjään paremmaksi asukasta varten. Suurin oli, että käytönopastajalla tulee olla järjestelmien käyttö ja toiminnot paremmin tiedossa sekä hallinnassa.

Työssä pääsin tutkimaan ja perehtymään As Oy Helsingin Takilan automaatiojärjestelmään normaalia enemmän. Ymmärsin automaatiojärjestelmän periaatteen ja sen mitä mahdollisuuksia järjestelmillä on mahdollista tuottaa. Työ vei huomattavan paljon aikaa, ja työssä oli vaikea asettaa rajoja sille, kuinka syvälle asioihin voi uppoutua.

Lähteet

- 1 KNX-standardi. 2017. Verkkoaineisto. KNX Finland ry. www.knx.fi/index.php?k=220446. Luettu 22.11.2017.
- 2 Härkönen, Pentti. 2012. ST-käsikirja 17. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo.
- 3 Security, Efficiency and Comfort with KNX. 2017. Verkkoaineisto. KNX Association. www.knx.org/media/docs/Flyers/Consumer-Flyer/Consumer-Flyer_en.pdf. Luettu 22.11.2017.
- 4 KNX tuoteluettelo 2016, kiinteistöautomaatioratkaisuja kaikenlaisiin rakennuksiin. Schneider Electric Finland Oy.
- 5 Rakennusautomaatiosuunnitelmat. Optiplan Oy. 2018
- 6 KNX Muistilista toteutetaan vain onnistuneita projekteja osa 1. 2017. Verkkoaineisto. KNX Finland ry. www.knx.fi/index.php?k=224554. Luettu 17.11.2017
- 7 Härkönen, Kalevi. 2015. KNX-järjestelmän perusteet. Espoo: Sähköinfo.
- 8 KNX-taloautomaatio järjestelmäopas. 2012. ABB Oy.
- 9 free@home-kotiautomaatio on valmis tulevaisuuteen. 2017. Verkkoaineisto. ABB Oy. <http://www.abb.com/cawp/seitp202/2eb9521fa269548bc12581630030d86b.aspx>. Luettu 23.2.2018.
- 10 Monipuoliset toiminnot kodin ohjaukseen. 2017. Verkkoaineisto. ABB Oy. <http://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/kiinteistoautomaatio-kotiautomaatio/ratkaisut/freeathome/jarjestelma/toiminnot>. Luettu 23.2.2018
- 11 ABB-free@home-kotiautomaation asennus. 2017. Verkkoaineisto. ABB Oy. <http://new.abb.com/low-voltage/fi/tuotteet/kiinteistoautomaatio-kotiautomaatio/ratkaisut/freeathome/jarjestelma/asennus>. Luettu 23.3.2018.
- 12 Kotiautomaatiopalaveri KNX ja Fortum Smart Living 14.12.2017.
- 13 Kalasataman Sompasaaren alueella noudatettavat lisäehdot. 2016. Verkkoaineisto. Helsingin kaupungin kiinteistövirasto. www.hel.fi/static/kv/tontti/sompasaaren-hakumenettely/liite-13.pdf. Luettu 9.3.2018

